
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

EBB 344/3 – Mechanical Metallurgy [Metalurgi Mekanikal]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains THIRTEEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SEVEN questions. ONE question from PART A, THREE questions from PART B and THREE questions from PART C.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan dari BAHAGIAN A, TIGA soalan dari BAHAGIAN B dan TIGA soalan dari BAHAGIAN C.]

Instruction: Answer FIVE questions. Answer ALL questions from PART A, TWO questions from PART B and TWO questions from PART C. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab LIMA soalan. Jawab SEMUA soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B dan DUA soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies in the examination questions, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Based on metal ingot melting temperature and working temperature of forming process, discuss the possible microstructure evolution mechanisms that would take place in the worked metal. Propose how this possible microstructure evolution will govern properties of the final product.

Berdasarkan suhu peleburan jongkong logam dan suhu kerja proses pembentukan, bincangkan mekanisma evolusi mikrostruktur yang mungkin berlaku dalam logam kerjaan. Cadangkan bagaimana evolusi mikrostruktur ini akan mempengaruhi sifat-sifat produk akhir.

(50 marks/markah)

- [b] Figure 1 presents the tensile stress-strain curve for 3 materials ; Material 1, 2 and 3. **Compare** between the 3 curves and **explain** the relevant properties of the 3 materials (i.e what do these 3 curves give).

Rajah 1 memberikan keluk tegangan tegasan-terikan untuk 3 bahan ; Bahan 1, 2 dan 3. Bandingkan antara 3 keluk tersebut dan terangkan sifat-sifat yang berkaitan untuk 3 bahan tersebut (i.e apakah yang diberikan oleh keluk-keluk tersebut).

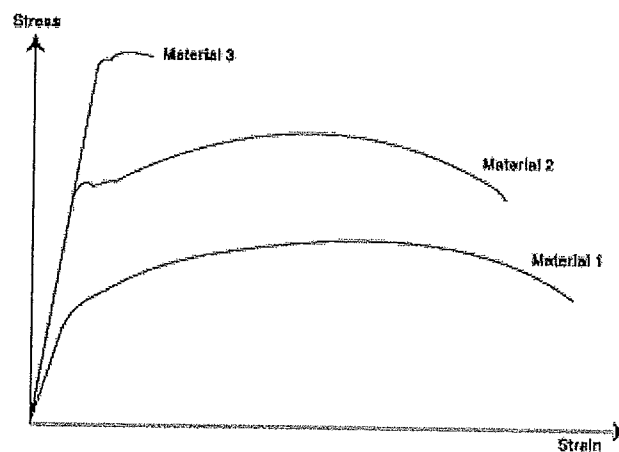


Figure 1 : Tensile Stress-Strain curves for Materials 1, 2 and 3

Rajah 1 : Keluk Tegangan Tegasan-Terikan untuk Bahan 1, 2 dan 3

(50 marks/markah)

...3/-

PART B / BAHAGIAN B

2. [a] Two blocks of rubber, each of 80 mm long by 40 mm wide by 20 mm thick, are bonded to a rigid support mount and to a movable plate (1) (Figure 2). When a force of $P=2,800\text{ N}$ is applied to the assembly, plate (1) deflects 8 mm horizontally. Determine the shear modulus, G of the rubber used for the blocks.

Dua blok getah, setiap satu dengan 80 mm panjang dan 40 mm lebar dan 20 mm tebal, direkatkan kepada satu penyokong kaku dan kepada satu plat bolehgerak (Rajah 2). Apabila satu daya $P = 2,800\text{ N}$ dikenakan terhadap komponen tersebut, plat (1) melentur 8 mm secara mengufuk. Tentukan modulus ricih, G bagi getah yang digunakan pada blok tersebut.

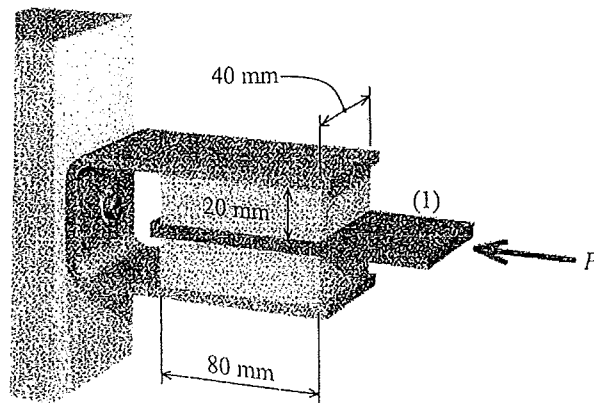


Figure 2

Rajah 2

(50 marks/markah)

- [b] A 120-mm-wide steel bar with a butt-welded joint, as shown in Figure 3, will be used to carry an axial tension load of $P = 180$ kN. If the normal and shear stress on the plane of the butt weld must be limited to 80 MPa and 45 MPa, respectively, calculate the minimum thickness required for the bar.

Sebuah bar keluli 120 mm lebar dengan sambungan kimpalan temu, seperti Rajah 3, akan digunakan untuk menyokong beban tegangan sepaksi $P = 180$ kN. Jika tegasan normal dan ricih pada satah kimpalan temu perlu dihadkan kepada 80 MPa dan 45 MPa, kirakan tebal minimum yang diperlukan bagi bar tersebut.

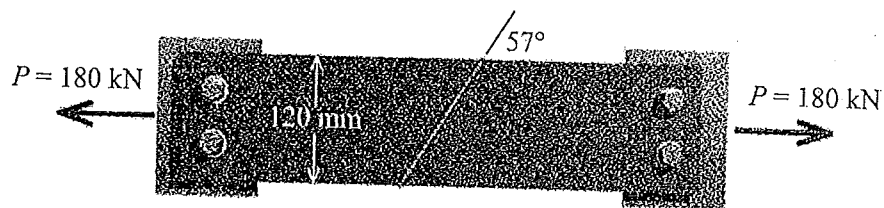


Figure 3

Rajah 3

(50 marks/markah)

3. Consider a point in a structural member that is subjected to plane stress. Normal and shear stresses as acting on horizontal and vertical planes at the point are shown in Figure 4.

- [a] Construct a Mohr's circle
- [b] Determine the principal stresses and
- [c] Determine the maximum in-plane shear stress and normal stresses acting at the point
- [d] Show these stresses on an appropriate element sketch.

Pertimbangkan satu titik dalam komponen struktur yang mengalami tegasan satah (Rajah 4). Tegasan normal dan ricih bertindak pada satah mengufuk dan menegak pada titik tersebut ditunjukkan dalam Rajah 4.

- [a] Bina bulatan Mohr*
- [b] Tentukan tegasan-tegasan utama dan*
- [c] Tentukan tegasan ricih maksimum dan tegasan normal dalam-satah bertindak pada titik*
- [d] Tunjukkan tegasan-tegasan ini dalam lakaran unsur yang sesuai*

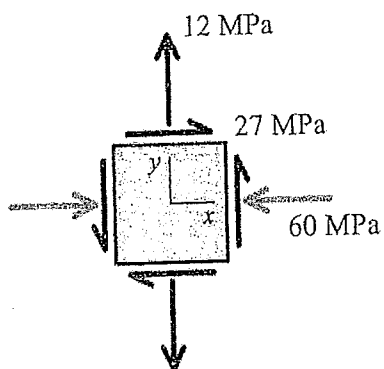


Figure 4

Rajah 4

(100 marks/markah)

4. [a] Plot flow stress curve, identify and explain important curve properties that are important while plastic deforming a metal. Discuss the **TWO** most important processing parameters which control the flow stress of metal during metal forming.

Plotkan lengkungan aliran, kenalpasti dan terangkan sifat lengkungan yang penting semasa mengubahbentuk suatu logam secara plastik. Bincangkan DUA parameter proses terpenting yang mengawal aliran tegasan suatu logam.

(60 marks/markah)

- [b] The strain hardening behavior of an annealed low-carbon steel bar is approximated by $\sigma = 700\epsilon^{0.20}$ MPa. Estimate the yield strength after the bar is cold worked 50%.

Kelakuan pengerasan terikan satu bar keluli karbon rendah tersepuhlindap dianggarkan sebagai $\sigma = 700\epsilon^{0.20}$ MPa. Anggarkan tegasan alah selepas bar tersebut di kerja sejuk 50%.

(20 marks/markah)

- [c] Suppose another bar of this same steel was cold worked an unknown amount and then cold worked 15% more and found to have a yield strength of 525 MPa. Estimate was the unknown amount of cold work?

Diandaikan bar lain dari keluli yang sama dikerjasejuk dengan satu jumlah tertentu dan kemudiannya dikerjasejuk lebih 15% dan didapati mempunyai kekuatan alah 525 MPa. Anggarkan jumlah kerjasejuk yang tidak diketahui ini?

(20 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

5. [a] A failed shaft was sent to a Failure Analysis laboratory and the fracture surface is shown in Figure 5. **Assess** the fracture surface and **discuss** what could have caused the shaft to fail.

Satu aci yang patah telah dihantar ke makmal Analisa Kegagalan dan permukaan patahnya ditunjukkan di dalam Rajah 5. Lakukan penilaian ke atas permukaan patah tersebut dan bincangkan apakah yang mungkin menyebabkan kegagalan aci tersebut.

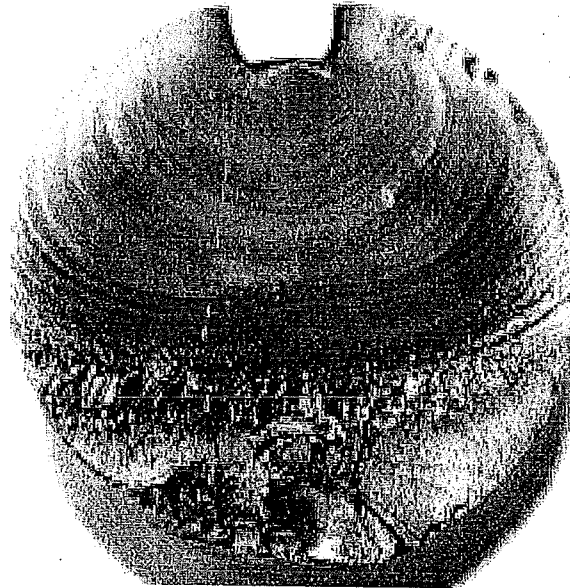


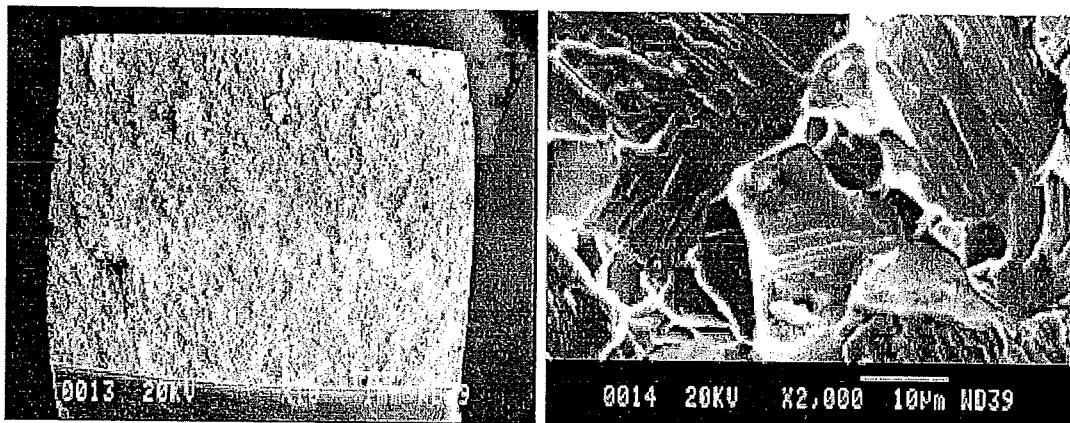
Figure 5 : Fracture surface of shaft

Rajah 5 : Permukaan patah aci

(30 marks/markah)

- [b] Another failed component sent to the Failure Analysis Laboratory displayed a fracture surface shown in Figure 6. The SEM higher magnification is shown on the right. The engineer in-charge suspected that the steel component failed due to an overload. What do you think about the cause of failure? **Write** a short summary based on your assessment.

Satu lagi komponen yang gagal dan dihantar ke makmal Analisa Kegagalan menunjukkan permukaan patah seperti di dalam Rajah 6. Di sebelah kanan adalah gambar SEM magnifikasi tinggi. Jurutera yang bertanggungjawab mengesyaki bahawa komponen keluli tersebut gagal disebabkan oleh lebih-bebanan. Apakah pendapat anda mengenai punca kegagalan tersebut? Tuliskan satu ringkasan berdasarkan penilaian anda.



(a)

(b)

Figure 6 : (a) Fracture surface of steel component and (b) SEM higher magnification

Rajah 6 : (a) Permukaan patah komponen keluli dan (b) SEM magnifikasi tinggi.

(30 marks/markah)

- [c] Upon hardness testing of a batch of samples, the results follow Hall-Petch relation between the hardness values and the grain size of the samples. The samples are cast aluminum alloy solidified with different cooling rates. **Elaborate** on this.

Sewaktu menjalankan ujian kekerasan ke atas sekumpulan sampel, hasil keputusan ujian mengikuti hubungan Hall-Petch di antara nilai kekerasan dan saiz butir sampel-sampel tersebut. Sampel adalah aloi aluminum yang melalui pemejalan dengan kadar penyejukan berbeza. Huraikan dengan teliti perkara ini.

(40 marks/markah)

6. [a] A bending fatigue test was carried out to study the effect of seawater to the fatigue behavior of Al alloy. The S-N curves are presented in Figure 7.

- (i) **Define** fatigue failure.
- (ii) **Write** a short report detailing the results of the bending fatigue test that has been carried out.

Satu ujian lenturan lesu telah dijalankan untuk mengkaji kesan air laut ke atas kelakuan lesu aloi Al. Keluk S-Nnya ditunjukkan di dalam Rajah 7.

- (i) *Berikan definisi kegagalan lesu.*
- (ii) *Tulis satu laporan pendek memperincikan hasil keputusan ujian lenturan lesu yang telah dijalankan.*

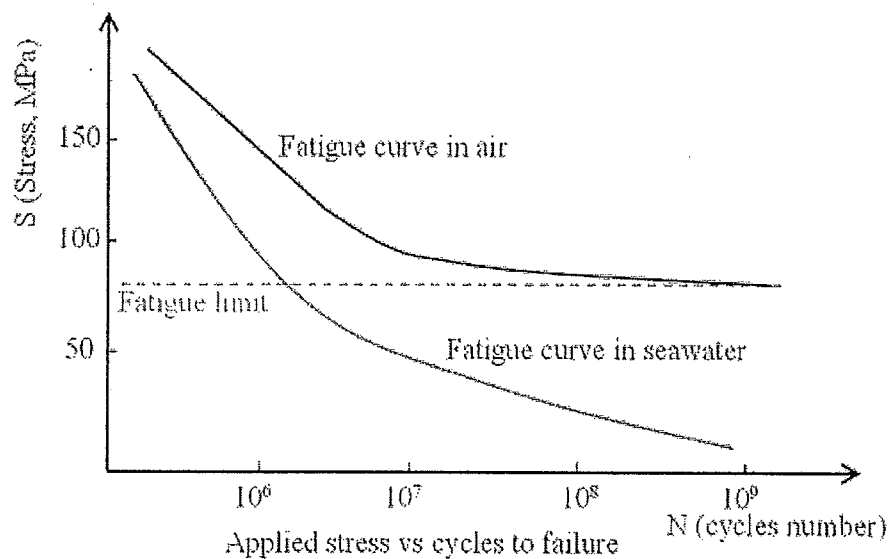


Figure 7 : Bending fatigue S-N curves for Al alloy in air and seawater

Rajah 7 : Keluk S-N lenturan lesu untuk aloi Al di dalam udara dan air laut.

(50 marks/markah)

- [b] A spherical pressure vessel is made of ASTM A517-F steel and operates at room temperature. The inner diameter is 1.5 m, the wall thickness is 10 mm, and the maximum pressure is 6 MPa. $K_{Ic} = 187 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

- (i) Is the leak-before-break condition met?
- (ii) **What** is the safety factor on K relative to K_{Ic} .

Satu kebuk tekanan sfera diperbuat daripada keluli ASTM A517-F dan beroperasi pada suhu bilik. Diameter dalaman adalah 1.5 m, ketebalan dinding ialah 10 mm, dan tekanan maksimum adalah 6 MPa. $K_{Ic} = 187 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

- (i) *Adakah keadaan bocor-sebelum-pecah dipenuhi?*
- (ii) *Apakah faktor selamat untuk K relatif kepada K_{Ic} .*

(50 marks/markah)

7. [a] **Discuss** the following :
- (i) Define fracture toughness and K_{Ic} .
 - (ii) The fracture toughness is influenced by grain size, precipitates in alloys and reinforcement in composites.
 - (iii) Temperature dependence in fracture toughness.

Bincangkan yang berikut :

- (i) *Berikan definasi ketahanan patah dan K_{Ic} .*
- (ii) *Ketahanan patah dipengaruhi oleh saiz butir, mendakan di dalam aloi dan penguat di dalam komposit.*
- (iii) *Kebergantungan terhadap suhu di dalam ketahanan patah.*

(50 marks/markah)

- [b] Figure 8 presents the worn surface of samples underwent wear-corrosion test. Figures (a) and (b) are for the hot-dip galvanized coated sample while (c) and (d) are for Zn-Fe coating. The weight loss and surface roughness measured after the wear-corrosion test is given in Table 1. **Elaborate** on the findings.

Rajah 8 memberikan permukaan haus sampel-sampel yang telah melalui ujian kakisan-haus. Rajah (a) dan (b) adalah untuk sampel disalut galvani celup-panas manakala (c) dan (d) adalah untuk salutan Zn-Fe. Kehilangan berat dan kekasaran permukaan yang dikira selepas ujian kakisan-haus diberikan di dalam Jadual 1. Terangkan dengan terperinci hasil keputusan tersebut.

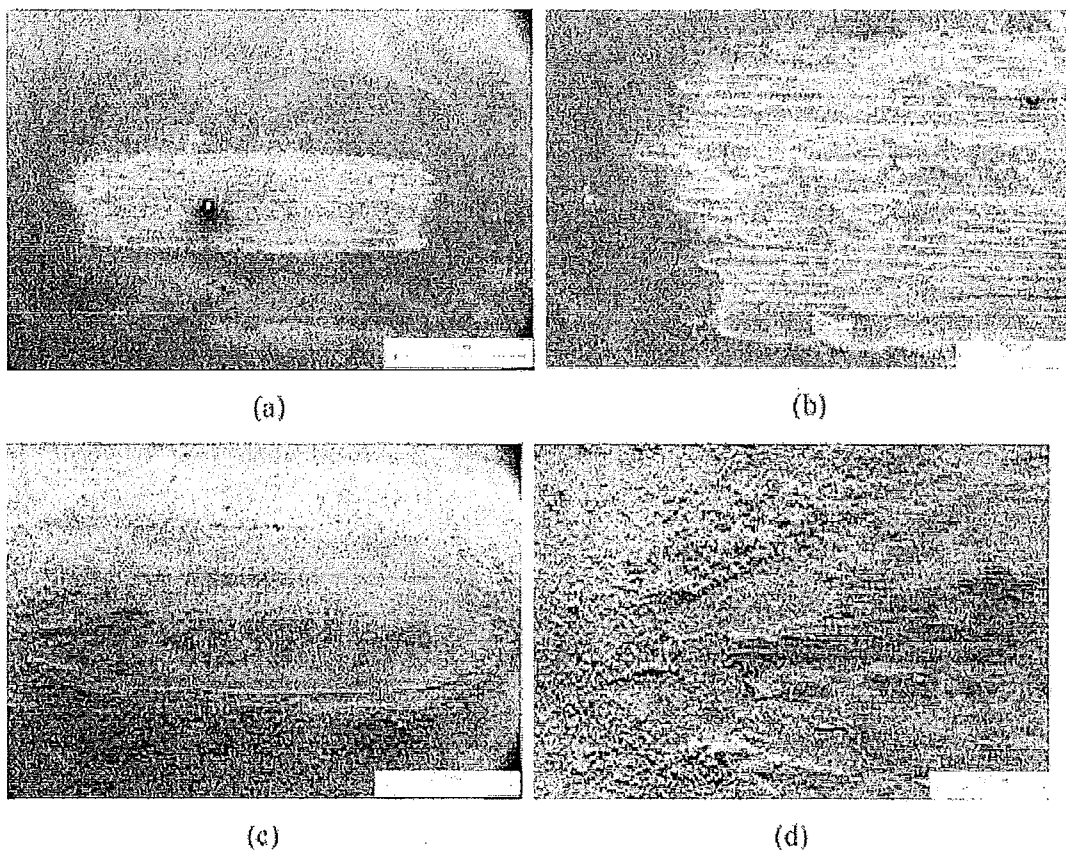


Figure 8 : Scanning electron micrographs of areas in the wear tracks of Zn and zinc-iron coatings, (a) and (b) galvanized; (c) and (d) ZnFe.

Rajah 8 : Mikrograf imbasan elektron untuk kawasan laluan haus salutan Zn dan ink-besi, (a) dan (b) tergalvani; (c) dan (d) ZnFe

	Samples	
	Zn	ZnFe
Average roughness (μm)	0.34	0.52
Weight loss (g)	1.11	3.50

Table 1 : Average surface roughness and weight loss for both samples

Jadual 1 : Purata kekasaran permukaan dan kehilangan berat untuk kedua-dua sampel.

(50 marks/markah)